

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

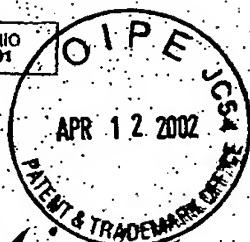
Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

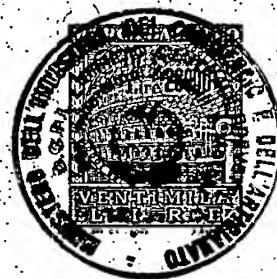
**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**



Ministero delle Attività Produttive
Direzione Generale per lo Sviluppo Produttivo e la Competitività
Ufficio Italiano Brevetti e Marchi
Ufficio G2

Autenticazione di copia di documenti relativi alla domanda di brevetto per: INVENZIONE IND.

MI2001A000075



*Si dichiara che l'unita copia è conforme ai documenti originali
depositati con la domanda di brevetto sopraspecificata, i cui dati
risultano dall'accluso processo verbale di deposito.*

Roma, li 21 FEB. 2002

IL DIRIGENTE

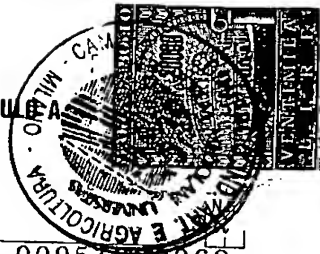
Ing. Giorgio Romani

Ing. Giorgio ROMANI

AL MINISTERO DELL'INDUSTRIA DEL COMMERCIO E DELL'ARTIGIANATO
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI - ROMA

DOMANDA DI BREVETTO PER INVENZIONE INDUSTRIALE, DEPOSITO RISERVE, ANTICIPATA ACCESSIBILITÀ AL PUBBLICO

MODULO A



A. RICHIEDENTE (I)

1) Denominazione STMicroelectronics S.r.l.

Residenza Agrate Brianza (Milano)

codice 00951900968

2) Denominazione

Residenza

codice

B. RAPPRESENTANTE DEL RICHIEDENTE PRESSO L'U.I.B.M.

cognome nome FERRARI Barbara e altri

cod. fiscale

denominazione studio di appartenenza Botti & Ferrari S.r.l.

via Locatelli

n. 5

città Milano

cap 20124

(prov) MI

C. DOMICILIO ELETTIVO destinatario

via

n. 1

città

cap 1

(prov) 1

D. TITOLO

classe proposta (sez/cl/sci) 1

gruppo/sottogruppo 1

Circuito di pilotaggio per una accensione lenta di un elemento di
potenza connesso ad un carico induttivo.

ANTICIPATA ACCESSIBILITÀ AL PUBBLICO:

SI ☐

NO ☒

SE ISTANZA: DATA

N° PROTOCOLLO

E. INVENTORI DESIGNATI

cognome nome

1) TORRISI Giovanni Luca

3)

2) TORRES Antonino

4)

F. PRIORITÀ

nazione o organizzazione

tipo di priorità

numero di domanda

data di deposito

allegato
S/R

1)

2)

G. CENTRO ABILITATO DI RACCOLTA CULTURE DI MICROORGANISMI, denominazione

H. ANNOTAZIONI SPECIALI



DOCUMENTAZIONE ALLEGATA

N. es.

Doc. 1) 2 PROV n. pag. 25

Doc. 2) 2 PROV n. tav. 06

Doc. 3) 1 RIS

Doc. 4) 1 RIS

Doc. 5) 1 RIS

Doc. 6) 1 RIS

Doc. 7) 1

riassunto con disegno principale, descrizione e rivendicazioni (obbligatorio 1 esemplare).....

disegno (obbligatorio se citato in descrizione, 1 esemplare).....

lettera d'incarico, ~~XXXXXX~~.....

designazione inventore

documenti di priorità con traduzione in italiano

autorizzazione o atto di cessione

nominativo completo del richiedente

8) attestati di versamento, totale lire Cinquecentosessantacinquemila=

COMPILATO IL 17/01/2001

FIRMA DEL(I) RICHIEDENTE(I)

FERRARI Barbara

obbligatorio

CONTINUA SI/NO NO

DEL PRESENTE ATTO SI RICHIEDE COPIA AUTENTICA SI/NO

SI

SCIOGLIMENTO RISERVE	
Data	N° Protocollo
/	/
/	/
/	/
/	/
/	/
confronta singole priorità	
/	/
/	/
/	/

CAMERA DI COMMERCIO IND. ART. E AGR. DI MILANO

VERBALE DI DEPOSITO

NUMERO DI DOMANDA MI2001A 000075

Reg. A.

codice 15

L'anno DUEMILAUNO

il giorno

DICIASSETTE

del mese di

GENNAIO

il(i) richiedente(i) sopraindicato(i) ha(hanno) presentato a me sottoscritto la presente domanda, con allegati 00 fogli aggiuntivi per la concessione del brevetto soprariportato.

I. ANNOTAZIONI VARIE DELL'UFFICIALE ROGANTE

IL DEPOSITANTE

L'UFFICIALE ROGANTE

M. CORTONESI

N/2001A000075

17/01/2001

/ /

D. TITOLO

Circuito di pilotaggio per una accensione lenta di un elemento di
potenza connesso ad un carico induttivo.

L. RIASSUNTO

La presente invenzione fa riferimento ad un circuito di pilotaggio (10) per un elemento di potenza (11) connesso ad un carico induttivo (12) del tipo comprendente almeno un primo generatore di corrente (GL) inserito tra un riferimento di tensione (VDD) ed un terminale di uscita (OUT) del circuito di pilotaggio (10) ed atto a fornire una prima corrente di carica (I_{low}) ad un terminale di comando (G11) dell'elemento di potenza (11) a sua volta collegato al terminale di uscita (OUT).

Vantaggiosamente secondo l'invenzione, il circuito di pilotaggio (10) comprende inoltre almeno un secondo generatore di corrente (GH), inserito, in parallelo al primo generatore di corrente (GL), tra il riferimento di tensione (VDD) ed il terminale di uscita (OUT) ed atto a fornire al terminale di comando (G11) una seconda corrente di carica (I_{high}) in funzione di un valore di tensione (V_c) presente sul terminale ingresso (IN) a sua volta collegato ad un terminale di conduzione (C11) dell'elemento di potenza (11).

M. DISEGNO

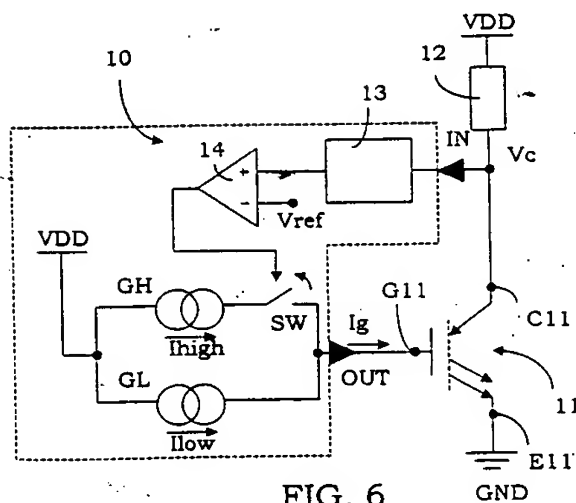
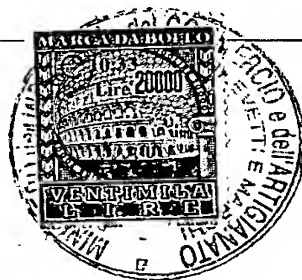


FIG. 6



Domanda di brevetto per invenzione industriale dal titolo:

**"Circuito di pilotaggio per una accensione lenta di un element di
potenza connesso ad un carico induttivo"**

a nome di: **STMicroelectronics S.r.l.**

5 con sede in: **Agrate Brianza (Milano)**

* * * * *

DESCRIZIONE

Campo di applicazione

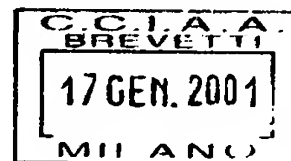
La presente invenzione fa riferimento ad un circuito di
10 pilotaggio per una accensione lenta di un elemento di potenza connesso
ad un carico induttivo.

Più specificatamente l'invenzione si riferisce ad un circuito di
pilotaggio per un elemento di potenza connesso ad un carico induttivo
del tipo comprendente almeno un primo generatore di corrente inserito
15 tra un riferimento di tensione ed un terminale di uscita di detto circuito
di pilotaggio ed atto a fornire una prima corrente di carica ad un
terminale di comando di detto elemento di potenza a sua volta collegato
a detto terminale di uscita.

L'invenzione riguarda in particolare, ma non esclusivamente,
20 un circuito di pilotaggio per una accensione lenta di un transistor di
potenza di tipo IGBT inserito in un dispositivo d'accensione elettronica
per applicazioni automotive e la descrizione che segue è fatta con
riferimento a questo campo di applicazione con il solo scopo di
semplificarne l'esposizione.

25 Arte nota

MI 2001A000075



Come è ben noto, i carichi induttivi quali le bobine sono normalmente associate ad un opportuno elemento di potenza che consente il loro pilotaggio ed in particolare la loro accensione ed il loro spegnimento. A tale elemento di potenza è quindi associato un
5 opportuno circuito di pilotaggio.

Nel caso di un sistema di accensione elettronica di tipo automotive, è noto utilizzare un transistor di potenza di tipo IGBT collegato, ad esempio, ad una candela.

La Figura 1 mostra schematicamente uno stadio finale 1 di un
10 noto sistema di accensione elettronica. In particolare, lo stadio finale 1 è inserito tra un primo riferimento di tensione di alimentazione, ad esempio una tensione di batteria VB ed un secondo riferimento di tensione, ad esempio una massa GND.

Lo stadio finale 1 comprende un interruttore [switch]
15 elettronico 2, inserito tra una induttanza L1 di avvolgimento primario di una bobina 3 avente una corrispondente induttanza L2 di avvolgimento secondario collegata ad un terminale di uscita OUT1 dello stadio finale 1 a cui è applicato un carico 4, ad esempio una candela, come nel caso di applicazioni automotive.

20. L'interruttore elettronico 2 è inoltre collegato ad un terminale IN1 di ingresso dello stadio finale 1.

Fornendo a tale terminale di ingresso IN1 un segnale logico Vin1 di ingresso con valore logico alto, l'interruttore elettronico 2 abilita un flusso di corrente di carica Iload1 che lo percorre ed immagazzina
25 energia nell'induttanza L1 di avvolgimento primario.

In maniera complementare, quando il segnale logico Vin di ingresso assume un valore logico basso, l'interruttore elettronico 2 si apre, generando un valore di extra tensione Vc1 ad un capo dell'induttanza L1 di avvolgimento primario.

5 E' opportuno notare che tale extra tensione Vc1, tramite un rapporto di spire tra avvolgimento primario e secondario della bobina 3, genera una corrispondente tensione Vsec1 di innesco ai capi dell'induttanza L2 di avvolgimento secondario.

10 Nell'esempio di carico considerato, il rapporto di spire della bobina 3 viene scelto in modo che tale tensione Vsec1 di innesco sia dell'ordine delle migliaia di Volt, in maniera tale da riuscire a generare sul terminale di uscita OUT1 una scintilla nella candela 4.

15 In Figura 2 sono schematicamente rappresentate forme d'onda tipiche di una accensione di un carico tramite un sistema di accensione elettronica noto con stadio finale comprendente un interruttore elettronico del tipo illustrato in relazione alla Figura 1.

20 In sistemi di accensione elettronica siffatti, possibili condizioni di errore si verificano in caso di una non desiderata sovraelongazione dV_{sec1}/dt della tensione di innesco ai capi dell'induttanza L2 di avvolgimento secondario. Ad esempio, in corrispondenza di una fase di accensione [turn-on] del sistema di accensione elettronica comprendente lo stadio finale 1 e la candela 4, una variazione di tensione dV_{c1}/dt ai capi dell'induttanza L1 di avvolgimento primario può in alcuni casi generare una variazione di tensione dV_{sec1}/dt ai capi
25 dell'induttanza L2 di avvolgimento secondario sufficiente a generare una



scintilla nella candela 4.

La Figura 3 mostra schematicamente una forma d'onda
relativa ad una procedura di accensione classica di un sistema di
accensione elettronica noto ed utilizzante come interruttore elettronico
5 2 un transistor IGBT.

E' noto che, in seguito ad una variazione di tensione dV_{c1}/dt
negativa, la tensione V_{sec1} di innesco può raggiungere un valore
elevato, pari a 1000V, che provocherebbe una scintilla nella candela 4.

Per questo motivo, numerose specifiche relative ad
10 applicazioni automotive stabiliscono per la tensione V_{sec1} di innesco
sull'induttanza L2 di avvolgimento secondario un valore massimo pari a
500÷600V, nelle fasi in cui non è richiesta la generazione della scintilla.

E' noto a tal fine utilizzare una procedura di accensione lenta
[soft turn-on] dell'interruttore elettronico 2, in corrispondenza
15 dell'accensione del sistema di accensione elettronica che lo comprende,
per minimizzare gli effetti di una prima variazione dV_{c1}/dt negativa
della tensione sull'induttanza L1 di avvolgimento primario ed la
conseguente sovraelongazione dV_{sec1}/dt della tensione V_{sec1} di
innesco sull'induttanza L2 di avvolgimento secondario.

20 In particolare, per rallentare la fase di accensione del
dispositivo di potenza compreso nell'interruttore elettronico 2 è
comunemente utilizzato un condensatore, inserito tra un terminale di
collettore ed un terminale di comando del dispositivo di potenza.

Questa prima soluzione nota necessita di un elemento ad alta
25 tensione (HW) esterno al sistema di accensione, avente quindi un

5 impatto sul costo del sistema nel suo complesso. Essa inoltre presenta uno svantaggio principale consistente nel rallentamento della fase di spegnimento del dispositivo di potenza durante la fase di generazione della scintilla per il carico, con una conseguente perdita d'energia trasferita dall'induttanza L1 di avvolgimento primario all'induttanza L2 di avvolgimento secondario.

In Figura 4 sono schematicamente rappresentate forme d'onda di segnali interni ad un transistor IGBT pilotato con una corrente I_g di gate costante.

10 In particolare, è opportuno notare che, non appena una tensione V_g di gate del transistor IGBT raggiunge un valore di tensione di soglia V_{th} del transistor stesso, esso conduce abilitando il passaggio di una corrente I_c di collettore ed una conseguente accensione del dispositivo di carico.

15 In questa fase è evidente come l'effetto Miller del transistor IGBT aumenta la pendenza iniziale della tensione V_g di gate.

Come è ben nota, l'effetto Miller è legato all'evoluzione in tensione di un terminale di collettore del transistor IGBT e termina quando si esaurisce la variazione dV_c/dt negativa della tensione di
20 collettore. In altre parole, il transistor IGBT presenta una capacità equivalente di effetto Miller con un valore elevato in parallelo alla intrinseca capacità C_{gs} di gate-source.

L'unico modo per intervenire sulla fase di accensione del transistor IGBT risulta quindi quello di pilotare il suo terminale di gate
25 con una corrente I_g di gate molto piccola, in modo da rallentare e

prolungare ulteriormente la fase di carica della capacità equivalente totale C_{gs}^* , che tiene conto dell'effetto Miller, modificando in tal modo la pendenza di una corrente I_c del terminale di collettore.

5 Questo tipo noto di pilotaggio risulta scollegato dall'andamento del riferimento di tensione di elettronico, in particolare un'alta tensione, collegato al transistor IGBT e risulta particolarmente problematico in presenza di circuiteria alimentata dal terminale di gate del transistor IGBT.

10 E' altresì noto utilizzare un circuito di pilotaggio con limitazione, schematicamente illustrato in Figura 5 e complessivamente indicato con 5.

15 In particolare, il circuito 5 di pilotaggio con limitazione è inserito tra un primo riferimento di tensione, ad esempio una tensione di alimentazione VDD, ed un secondo riferimento di tensione, ad esempio una massa GND ed è collegato ad un terminale G6 di gate e ad un terminale E6 di emettitore di un transistor IGBT 6.

Il transistor IGBT 6 presenta inoltre un terminale C6 di collettore connesso ad un dispositivo di carico 9, a sua volta collegato al riferimento di tensione di alimentazione VDD.

20 Il circuito 5 di pilotaggio con limitazione comprende anche un generatore 7 di una corrente I_{drv} di pilotaggio, inserito tra il riferimento di tensione di alimentazione VDD ed il terminale G6 di gate del transistor IGBT 6, nonché un circuito limitatore 8, a sua volta inserito tra il terminale G6 di gate ed il terminale E6 di emettitore del
25 transistor IGBT 6, nonché alla massa GND.

In tal modo, la corrente I_{driv} di pilotaggio si suddivide in una prima porzione di corrente, una corrente I_{lim} assorbita dal circuito limitatore 8 di limitazione ed in una seconda porzione di corrente, una corrente I_g di gate, per il terminale G6 di gate del transistor IGBT 6. La
5 capacità equivalente totale C_{gs}^* del transistor IGBT 6 si carica quindi con una corrente I_g di gate pari a:

$$I_g = I_{driv} - I_{lim}$$

Per ottenere un valore molto limitato della corrente I_g di gate, le correnti I_{driv} e I_{lim} devono avere valore confrontabile.

10 Tale condizione risulta però critica a causa delle variazioni [spread] di processo o di temperatura del sistema di accensione che comprende il circuito 5 di pilotaggio con limitazione e che potrebbero causare un bilancio di corrente tale da non riuscire ad accendere il dispositivo di carico 9.

15 Il problema tecnico che sta alla base della presente invenzione è quello di escogitare un circuito di pilotaggio per una accensione lenta di un elemento di potenza in modo da evitare sovraelongazioni di tensione su di un carico connesso all'elemento di potenza, superando le limitazioni e gli inconvenienti che tuttora affliggono i circuiti di
20 pilotaggio realizzati secondo l'arte nota.

Sommario dell'invenzione

L'idea di soluzione che sta alla base della presente invenzione consiste nel pilotare l'elemento di potenza mediante una coppia di generatori di corrente, aventi valore diverso, posti in parallelo: il circuito



bassa soltanto se l'elemento di potenza ha iniziato una fase di accensione.

Sulla base di tale idea di soluzione il problema tecnico è risolto da un circuito di pilotaggio del tipo precedentemente indicato
5 caratterizzato dal fatto di comprendere inoltre almeno un secondo generatore di corrente, inserito, in parallelo a detto primo generatore di corrente, tra detto riferimento di tensione e detto terminale di uscita ed atto a fornire a detto terminale di comando una seconda corrente di carica in funzione di un valore di tensione presente su detto terminale
10 ingresso a sua volta collegato ad un terminale di conduzione di detto elemento di potenza.

Le caratteristiche ed i vantaggi del circuito di pilotaggio secondo l'invenzione risulteranno dalla descrizione, fatta qui di seguito, di un suo esempio di realizzazione dato a titolo indicativo e non
15 limitativo con riferimento ai disegni allegati.

Breve descrizione dei disegni

In tali disegni:

la Figura 1 mostra schematicamente un circuito di pilotaggio di un elemento di potenza secondo l'arte nota;

20 le Figure 2, 3 e 4 mostrano schematicamente l'andamento in funzione del tempo di segnali interni al circuito di Figura 1;

la Figura 5 mostra schematicamente una variante di realizzazione del circuito di Figura 1;

25 la Figura 6 mostra schematicamente un circuito di pilotaggio realizzato secondo l'invenzione;

la Figura 7 mostra schematicamente una struttura integrata realizzante il circuito di Figura 6;

la Figura 8 mostra schematicamente una caratteristica capacità/tensione di un elemento della struttura integrata di Figura 7;

5 le Figure 9 e 11 mostrano schematicamente l'andamento in funzione del tempo di segnali interni al circuito di Figura 6;

la Figura 10 mostra in maggior dettaglio il circuito di Figura 6.

Descrizione dettagliata

10 Facendo riferimento alle Figure, ed in particolare alla Figura 6, con 10 è schematicamente e complessivamente indicato un circuito di pilotaggio per una accensione lenta di un elemento di potenza secondo l'invenzione.

15 Il circuito 10 di pilotaggio presenta un terminale di ingresso IN connesso ad un punto di interconnessione di un elemento di potenza, in particolare un transistor IGBT 11, ed un dispositivo 12 di carico, a loro volta inseriti, in serie tra loro, tra un primo riferimento di tensione, ad esempio una tensione di alimentazione VDD, ed un secondo riferimento di tensione, ad esempio una massa GND.

20 Il circuito 10 di pilotaggio presenta inoltre un terminale di uscita OUT connesso ad un terminale G11 di gate del transistor IGBT 11, avente a sua volta un terminale E11 di emettitore connesso alla massa GND ed un terminale C11 di collettore connesso al dispositivo 12 di carico.

25 Vantaggiosamente secondo l'invenzione, il circuito 10 di

pilotaggio comprende un primo generatore GL di una prima corrente I_{low} di carica ed un secondo generatore GH di una seconda corrente I_{high} di carica, inseriti, in parallelo tra loro, tra il riferimento di tensione di alimentazione VDD ed il terminale G11 di gate del transistor IGBT 11.

In particolare, il secondo generatore GH risulta collegato al terminale G11 di gate del transistor IGBT 11 tramite un interruttore SW pilotato.

Il primo GL ed il secondo generatore GH presentano diverso valore, vale a dire generano correnti di diverso valore; in particolare, la prima corrente I_{low} di carica presenta un valore inferiore alla seconda corrente I_{high} di carica.

Il circuito 10 di pilotaggio comprende inoltre opportuni mezzi di rilevamento e confronto di tensione inseriti tra il terminale di ingresso IN ed un terminale di pilotaggio dell'interruttore SW.

In particolare, tali mezzi di rilevamento e confronto di tensione comprendono un blocco rilevatore 13 collegato al terminale di ingresso IN e ad un primo terminale di ingresso non invertente (+) di un comparatore 14 di tensione, avente un secondo terminale di ingresso invertente (-) connesso ad un riferimento interno di tensione V_{ref} ed un terminale di uscita connesso al terminale di pilotaggio dell'interruttore SW.

Vantaggiosamente secondo l'invenzione, il blocco rilevatore 13 provvede, tramite il comparatore 14 di tensione, ad aprire l'interruttore SW scollegando il secondo generatore GH dal terminale G11 di gate del

transistore IGBT 11 non appena una tensione V_c del terminale C11 di collettore inizia a decrescere.

5 ²In tal modo, il circuito 10 di pilotaggio abilita una fase di carica di una capacità equivalente C_{gs} di gate del transistore IGBT 11 tramite la prima corrente I_{low} di carica di basso valore (fornita dal primo generatore GL) soltanto se il transistore IGBT 11 ha iniziato una fase di accensione [turn-on].

Si evitano così problematiche relative alla mancata accensione per mancanza di corrente dell'elemento di potenza.

10 In particolare, il blocco rilevatore 13 deriva la tensione V_c di collettore. Esso può essere realizzato in modo noto con diverse tecniche dipendenti essenzialmente dalla tecnologia utilizzata.

Ad esempio, come schematicamente illustrato in Figura 7, nel caso di tecnologia VIPower, è possibile realizzare il blocco rilevatore 13 utilizzando una capacità C_G di giunzione di un diodo PBL-EPI di alta tensione, tale capacità risultando connessa elettricamente, tramite frame di package, ad un substrato su cui viene realizzato il transistore IGBT 11.

20 In particolare, in Figura 7 viene schematicamente illustrato un circuito integrato 15 comprendente uno strato conduttivo 16 detto di frame su cui vengono realizzati il transistore IGBT 11 ed il blocco rilevatore 13.

Il transistore IGBT 11 comprende un substrato 17 di un primo tipo di conducibilità, ad esempio di tipo P, ad altissimo drogaggio (P^{++}) su cui giace uno strato intermedio 18 di un secondo tipo di

25



conducibilità, ad esempio di tipo N, ad alto drogaggio (N⁺) ed uno strato epitassiale 19 del secondo tipo di conducibilità a basso drogaggio (N⁻).

Nello strato epitassiale 19 viene quindi realizzata una prima sacca 20 del primo tipo di conducibilità a basso drogaggio (P⁻) ed una
5 seconda sacca 21 di body sempre del primo tipo di conducibilità ad alto drogaggio (P⁺), nonché opportune aree 22 del secondo tipo di conducibilità ad alto drogaggio (N⁺), corrispondenti alle aree attive del transistor IGBT 11.

Il blocco rilevatore 13 comprende a sua volta un substrato 23
10 del secondo tipo di conducibilità ad alto drogaggio (N⁺) su cui giace uno strato epitassiale 24 del secondo tipo di conducibilità a basso drogaggio (N⁻).

Nello strato epitassiale 24 viene quindi realizzata una sacca
25 del primo tipo di conducibilità (P), avente uno strato superficiale 26 ad alto drogaggio (P⁺). Lo strato epitassiale 24 e la sacca 25 realizzano la capacità di giunzione CG.

E' opportuno notare che il valore della capacità CG di
giunzione dipende dal valore di tensione applicata al circuito integrato
15 ed assume valori trascurabili per tensioni superiori a decine di volt,
20 come schematicamente illustrato in Figura 8.

Questo garantisce che il circuito 10 di pilotaggio
comprendente un blocco rilevatore realizzato tramite la struttura
integrata 13 di Figura 7 (vale a dire da una capacità ad alta tensione)
non interferisca quando al terminale C11 di collettore viene applicata
25 un'alta tensione, evitando di pregiudicare le prestazioni del sistema di

accensione che lo comprende in fase di generazione di una scintilla d'innescio del carico.

In alternativa, il blocco rilevatore 13 può essere realizzato in una parte di potenza del circuito integrato sfruttando una capacità parassita, strutturalmente connessa ad un terminale di alta tensione, 5 che l'elemento di potenza utilizzato presenta (sia esso un transistor Power Mos.o un transistor IGBT).

Le forme d'onda in Figura 9 mostrano il funzionamento del circuito 10 di pilotaggio secondo l'invenzione. Si nota che la capacità CG di giunzione del blocco rilevatore 13, rilevando una derivata di tensione dV_c/dt sul terminale C11 di collettore del transistor IGBT 11, immette nel comparatore 14 di tensione un picco di corrente e, tramite il comparatore 14 e l'interruttore SW, spegne il secondo generatore GH.

Il basso valore della prima corrente I_{low} di carica fornita dal primo generatore GL prolunga quindi il tempo di carica del terminale G11 di gate, forzando il transistor IGBT 11 a generare una derivata negativa dV_c/dt della tensione V_c sul terminale C11 di collettore assai meno ripida rispetto ai circuiti di pilotaggio descritti in relazione all'arte nota.

Una volta esaurito il picco di corrente fornito dalla capacità CG di giunzione, il terminale G11 di gate viene caricato tramite la somma delle correnti di carica I_{low} e I_{high} fornite dai generatori GL e GH in parallelo.

Nel caso in cui la tensione V_c sul terminale C11 di collettore è 25 prossima al suo valore minimo, la capacità equivalente C_{gs} del

transistore IGBT 11 continua a caricarsi con un valore massimo I_{max} di corrente:

$$I_{max} = I_{low} + I_{high}$$

5 Nel caso in cui la transizione del terminale C11 di collettore non è terminata il circuito 10 di pilotaggio, dopo aver abilitato il secondo generatore GH della seconda corrente I_{high} di carica, rileva una nuova derivata di tensione dV/dt e spegne nuovamente il secondo generatore GH.

10 Il circuito 10 di pilotaggio crea così una reazione [feedback] tra il terminale C11 di collettore ed il terminale G11 di gate del transistore IGBT 11, in grado di regolare il bilancio di corrente sulla capacità equivalente C_{gs} .

15 Inoltre, anche nel caso in cui il valore della prima corrente I_{low} di carica risulti troppo basso rispetto agli assorbimenti sul terminale G11 di gate, il transistore IGBT 11 non si spegne comunque.

Vantaggiosamente secondo l'invenzione, picchi di corrente di valore diverso vengono integrati dalla capacità equivalente C_{gs} (tipicamente dell'ordine dei nF) evitando così oscillazioni sulla corrente per il dispositivo 12 di carico.

20 Inoltre, vantaggiosamente secondo l'invenzione, il circuito 10 di pilotaggio non necessita di un terminale [pin] cosiddetto di batteria e risulta quindi applicabile anche a dispositivi di tipo "3pin".

Un ulteriore caratteristica vantaggiosa del circuito 10 di pilotaggio secondo l'invenzione è la sua totale integrabilità.

25 Illustreremo di seguito, con particolare riferimento alla Figura

10, una realizzazione preferita del circuito 10 di pilotaggio secondo l'invenzione nel caso di applicazione in un sistema di accensione elettronica nel settore automotive.

In particolare, il circuito 10 di pilotaggio di Figura 10
5 comprende un blocco rilevatore 13 realizzato mediante un diodo D1 a giunzione HV avente capacità C1 inserito tra il terminale di ingresso IN del circuito 10 di pilotaggio ed il terminale di ingresso non invertente I14+ del comparatore 14 di tensione.

Inoltre, nella forma implementativa illustrata in Figura 10, il
10 primo generatore GL comprende un primo transistor Q1 avente un primo terminale di conduzione connesso, tramite un primo resistore R1, al riferimento di tensione di alimentazione VDD, un secondo terminale di conduzione connesso al terminale di uscita OUT del circuito 10 di pilotaggio, nonché un terminale di comando connesso, tramite la serie
15 di un primo blocco 27 di specchio e di un transistor Q3 di abilitazione, ad un terminale TA di abilitazione, ricevante un segnale Va di abilitazione del circuito 10 di pilotaggio.

Il primo blocco 27 di specchio comprende una pluralità di transistori di specchio (Q4, Q5, Q6, Q7) in cascata tra loro e collegati,
20 tramite una pluralità di resistori (R4, R5, R6, R7) al riferimento di tensione di alimentazione VDD.

In particolare, il primo transistor Q1, generatore della prima corrente Ilow di carica e specchio del transistor Q7 all'interno del primo blocco 27 di specchio, viene abilitato dal transistor Q3 di
25 abilitazione in presenza di un segnale Va di abilitazione sul terminale



TA di abilitazione e provvede a fornire la prima corrente I_{low} di carica al terminale di uscita OUT, a sua volta collegato al terminale di comando del transistore IGBT.

Analogamente, il secondo generatore GH comprende un
5 secondo transistore Q2 avente un primo terminale di conduzione
connesso, tramite un secondo resistore R2, al riferimento di tensione di
alimentazione VDD, un secondo terminale di conduzione connesso al
terminale di uscita OUT del circuito 10 di pilotaggio, nonché un
terminale di comando connesso, tramite la serie di un secondo blocco
10 28 di specchio e di un transistore Q9 di abilitazione, al terminale TA di
abilitazione.

Il secondo blocco 28 di specchio comprende un transistore Q8
configurato a diodo e collegato al riferimento di tensione di
alimentazione VDD tramite un resistore R8, nonché al terminale di
15 comando del secondo transistore Q2.

In particolare, il secondo transistore Q2, generatore della
seconda corrente I_{high} di carica e specchio del transistore Q8 all'interno
del secondo blocco 28 di specchio, viene abilitato dal transistore Q9 di
abilitazione in presenza di un segnale V_a di abilitazione sul terminale
20 TA di abilitazione e provvede anch'esso a fornire la seconda corrente
 I_{high} di carica al terminale di uscita OUT.

Il circuito 10 di pilotaggio di Figura 10 comprende un
interruttore SW realizzato mediante un primo transistore Q10 avente un
primo terminale di conduzione connesso al riferimento di tensione di
25 alimentazione VDD tramite un primo resistore R10, un secondo

terminale di conduzione collegato alla massa GND ed un terminale di comando collegato al terminale di uscita O14 del comparatore 14 di tensione.

L'interruttore SW comprende inoltre un secondo transistor
5 Q10' avente un primo terminale di conduzione connesso al riferimento di tensione di alimentazione VDD tramite un secondo resistore R10', un terminale di comando collegato al primo terminale di conduzione del primo transistor Q10 ed un secondo terminale di conduzione connesso al terminale di comando del transistor Q8 all'interno del secondo
10 blocco 28 di specchio.

Il circuito 10 di pilotaggio comprende inoltre un generatore interno 29 della tensione di riferimento Vref, inserito tra il riferimento di tensione di alimentazione VDD e la massa GND e comprendente uno specchio di corrente formato da un primo Q11 e da un secondo
15 transistor Q12 di specchio, collegati al riferimento di tensione di alimentazione VDD tramite rispettivamente un primo R11 ed un secondo resistore R12.

In particolare, il secondo transistor Q12 di specchio presenta un terminale di comando collegato ad un terminale di comando del
20 primo transistor Q11 di specchio configurato a diodo.

Il generatore interno 29 comprende inoltre un terzo Q13 ed un quarto transistor Q14 inseriti rispettivamente tra il primo Q11 ed il secondo transistor Q12 di specchio ed un nodo interno Y10. In particolare, il terzo transistor Q13 è collegato al nodo interno Y10
25 tramite un terzo resistore R13, a sua volta collegato alla massa GND

tramite un quarto resistore R14.

Inoltre, il terzo Q13 ed il quarto transistor Q14 presentano i terminale di controllo collegati tra loro e ad un nodo X10 intermedio tra il secondo Q12 ed il quarto transistor Q14 tramite un condensatore C1, nonché ad un terminale di controllo di un quinto transistor Q15 di uscita, a sua volta collegato al riferimento di tensione di alimentazione VDD e ad un terminale di uscita O29 del generatore interno 29 tramite un quinto resistore R15.

Il generatore interno 29 illustrato in Figura 10 fornisce sul nodo X10 un segnale stabile per alimentare il quinto transistor Q15 e generare la tensione di riferimento Vref sul terminale di uscita O29.

Nella forma di implementazione illustrata in Figura 10, il comparatore 14 di tensione comprende una pluralità di transistori (un primo Q16 ed un secondo transistor Q17 di ingresso, un primo Q18 ed un secondo transistor Q19 di uscita, un primo Q20 ed un secondo transistor Q21 di innesco) e di rispettivi resistori (R16, R17, R18, R19, R20, R21), configurati in maniera nota a formare un comparatore di tensione.

In particolare, il terminale di ingresso invertente IN14- è collegato, tramite un resistore R22, al terminale di uscita O29 del generatore interno 29, dove viene generata la tensione di riferimento Vref come caduta su di un ulteriore resistore R23, inserito tra il terminale di uscita O29 e la massa GND.

Il circuito 10 di pilotaggio è completato tramite rispettivi resistori R24 e R26 inseriti tra i terminali di controllo dei transistori di

abilitazione Q3 e Q9 e la massa GND, nonché da un resistore R25 inserito tra tali terminali di controllo ed il terminale di abilitazione TA.

Vediamo ora il funzionamento del circuito 10 di pilotaggio secondo l'invenzione con riferimento all'implementazione di Figura 10.

5 In condizioni normali di funzionamento, essendo il valore di tensione presente ai capi del resistore R15 in uscita dal generatore interno 29 maggiore della tensione ai capi del resistore R23 all'ingresso invertente del comparatore 14 di tensione, il primo transistor Q21 di innesco risulta spento [off] e quindi il corrispondente secondo
10 transistor Q17 di ingresso viene mantenuto spento dal primo blocco 27 di specchio (transistor Q6).

In queste condizioni, il primo transistor Q20 di innesco risulta acceso [on] ed accende il primo transistor Q16 di ingresso.

Sul terminale di uscita O14 del comparatore 14 di tensione,
15 coincidente con un terminale di collettore del secondo transistor di uscita Q19, viene generato un valore di tensione con valore logico basso. Il transistor Q10 risulta quindi spento, così come il transistor Q10' dell'interruttore SW, e quindi il transistor Q2 del secondo generatore GH riesce a fornire corrente al terminale di uscita OUT del
20 circuito 10 di pilotaggio e quindi al transistor IGBT ad esso collegato.

Vantaggiosamente secondo l'invenzione, non appena la tensione sul terminale di ingresso IN, coincidente con la tensione di substrato del blocco rilevatore 13 decresce, il terminale di base del secondo transistor Q21 di innesco viene portata ad un valore basso
25 tramite il condensatore C1 ad alta tensione. In queste condizioni, il



comparatore 14 di tensione si sbilancia e, dal momento che il terminale di collettore del secondo transistor di uscita Q19 va alto, disabilita il transistor Q2 del secondo generatore GH.

Il circuito 10 di pilotaggio rimane in questa condizione fino a
5 quando non si esaurisce il picco di corrente generato dal condensatore C1 del blocco rilevatore 13.

La Figura 11 mostra in maniera comparativa valore di tensione ad un avvolgimento secondario ottenuti mediante un circuito 10 di pilotaggio secondo l'invenzione (A) ed un circuito di pilotaggio
10 secondo l'arte nota (B).

In conclusione, il circuito di pilotaggio 10, secondo l'invenzione, consente di realizzare una accensione lenta del dispositivo di potenza ad esso connesso, evitando in tal modo sovraelongazioni di tensione che possano rivelarsi inaccettabili per l'applicazione.

15 Il pilotaggio realizzato prescinde dalla variabilità delle caratteristiche dell'elemento di potenza utilizzato.

Tale circuito di pilotaggio può esser utilizzato anche per un transistor di potenza bipolare che viene, quindi, pilotato in corrente, anziché in tensione come nel caso dell'esempio non limitativo illustrato.

RIVENDICAZIONI

1. Circuito di pilotaggio (10) per un elemento di potenza (11) connesso ad un carico induttivo (12) del tipo comprendente almeno un primo generatore di corrente (GL) inserito tra un riferimento di tensione (VDD) ed un terminale di uscita (OUT) di detto circuito di pilotaggio (10) ed atto a fornire una prima corrente di carica (I_{low}) ad un terminale di comando (G11) di detto elemento di potenza (11) a sua volta collegato a detto terminale di uscita (OUT), caratterizzato dal fatto di comprendere inoltre almeno un secondo generatore di corrente (GH), inserito, in parallelo a detto primo generatore di corrente (GL), tra detto riferimento di tensione (VDD) e detto terminale di uscita (OUT) ed atto a fornire a detto terminale di comando (G11) una seconda corrente di carica (I_{high}) in funzione di un valore di tensione (V_c) presente su detto terminale ingresso (IN) a sua volta collegato ad un terminale di conduzione (C11) di detto elemento di potenza (11).

2. Circuito di pilotaggio (10) secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detto secondo generatore di corrente (GH) è collegato a detto terminale di uscita (OUT) tramite un interruttore (SW) avente un terminale di pilotaggio connesso a detto terminale di ingresso (IN) tramite mezzi di rilevamento e confronto di tensione (13, 14).

3. Circuito di pilotaggio (10) secondo la rivendicazione 2, caratterizzato dal fatto che detti mezzi di rilevamento e confronto di tensione (13, 14) comprendono almeno un blocco rilevatore (13) ed un comparatore di tensione (14) connessi, in cascata tra loro, tra detto terminale di ingresso (IN) e detto terminale di pilotaggio di detto

interruttore (SW).

4. Circuito di pilotaggio (10) secondo la rivendicazione 3, caratterizzato dal fatto che detto blocco rilevatore (13) presenta un terminale di uscita collegato ad un primo terminale di ingresso (+) di detto comparatore di tensione (14) e dal fatto che detto comparatore di tensione (14) presenta un secondo terminale di ingresso (-) connesso ad un riferimento interno di tensione (V_{ref}) ed un terminale di uscita (O14) connesso a detto terminale di pilotaggio di detto interruttore (SW).

5. Circuito di pilotaggio (10) secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detta prima (I_{low}) e seconda corrente di carica (I_{high}) assumono valori tra loro differenti.

6. Circuito di pilotaggio (10) secondo la rivendicazione 5, caratterizzato dal fatto che detta prima corrente di carica (I_{low}) presenta un valore inferiore a detta seconda corrente di carica (I_{high}).

7. Circuito di pilotaggio (10) secondo la rivendicazione 6, caratterizzato dal fatto che detti mezzi di rilevamento e confronto di tensione (13, 14) aprono detto interruttore (SW) e scollegano detto secondo generatore (GH) da detto terminale di uscita (OUT) non appena detto valore di tensione (V_c) presente su detto terminale ingresso (IN) inizia a decrescere, abilitando una fase di carica di detto terminale di comando (G11) di detto elemento di potenza (11) tramite detta prima corrente di carica (I_{low}) di basso valore soltanto se detto elemento di potenza (11) ha iniziato una fase di accensione.

8. Circuito di pilotaggio (10) secondo la rivendicazione 3, caratterizzato dal fatto che detto blocco rilevatore (13) deriva detto

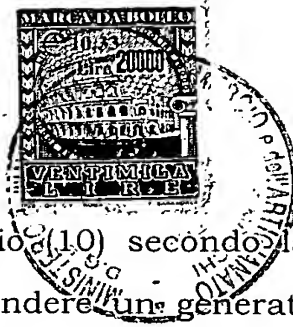
valore di tensione (V_c) presente su detto terminale ingresso (IN).

9. Circuito di pilotaggio (10) secondo la rivendicazione 8, caratterizzato dal fatto che detto blocco rilevatore (13) comprende una capacità di giunzione (CG) di un diodo integrato ad alta tensione.

5 10. Circuito di pilotaggio (10) secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detti primo (GL) e secondo generatore di corrente (GH) comprendono rispettivi primo (Q1) e secondo transistor (Q2) aventi primi terminali di conduzione connessi, tramite rispettivi primo (R1) e secondo resistore (R2), a detto riferimento di tensione
10 (VDD), secondi terminali di conduzione connessi a detto terminale di uscita (OUT), nonché terminali di comando connessi, tramite rispettivi primo (Q3) e secondo transistor di abilitazione (Q9), ad un terminale di abilitazione (TA) di detto circuito di pilotaggio (10).

11. Circuito di pilotaggio (10) secondo la rivendicazione 1,
15 caratterizzato dal fatto che detto interruttore (SW) comprende almeno un transistor (Q10) collegato a detto riferimento di tensione (VDD) ed avente un terminale di comando collegato a detto terminale di uscita (O14) di detto comparatore di tensione (14).

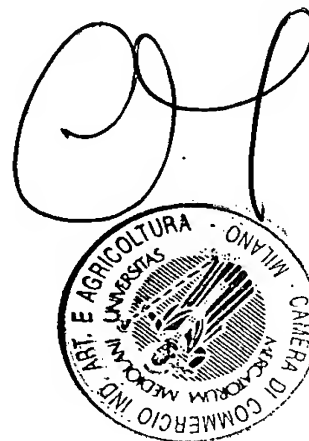
12. Circuito di pilotaggio (10) secondo la rivendicazione 11,
20 caratterizzato dal fatto che detto interruttore (SW) comprende inoltre un ulteriore transistor (Q10') avente un terminale di conduzione connesso a detto riferimento di tensione (VDD), un terminale di comando collegato ad un terminale di conduzione di detto transistor (Q10) ed un secondo terminale di conduzione connesso a detto secondo generatore
25 (GH) tramite un transistor di specchio (Q8).



13. Circuito di pilotaggio (10) secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto di comprendere un generatore interno (29) di detto riferimento interno di tensione (V_{ref}), collegato a detto riferimento di tensione (V_{DD}) ed avente un terminale di uscita collegato a detto
5 secondo terminale di ingresso di detto comparatore di tensione (14).

14. Circuito di pilotaggio (10) secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detto elemento di potenza (11) è un transistor IGBT e che detto terminale di conduzione (C11) è un terminale di collettore di tale transistor IGBT.

Ing. Barbara FERRARI
N. Iscriz. ALBO 822 B



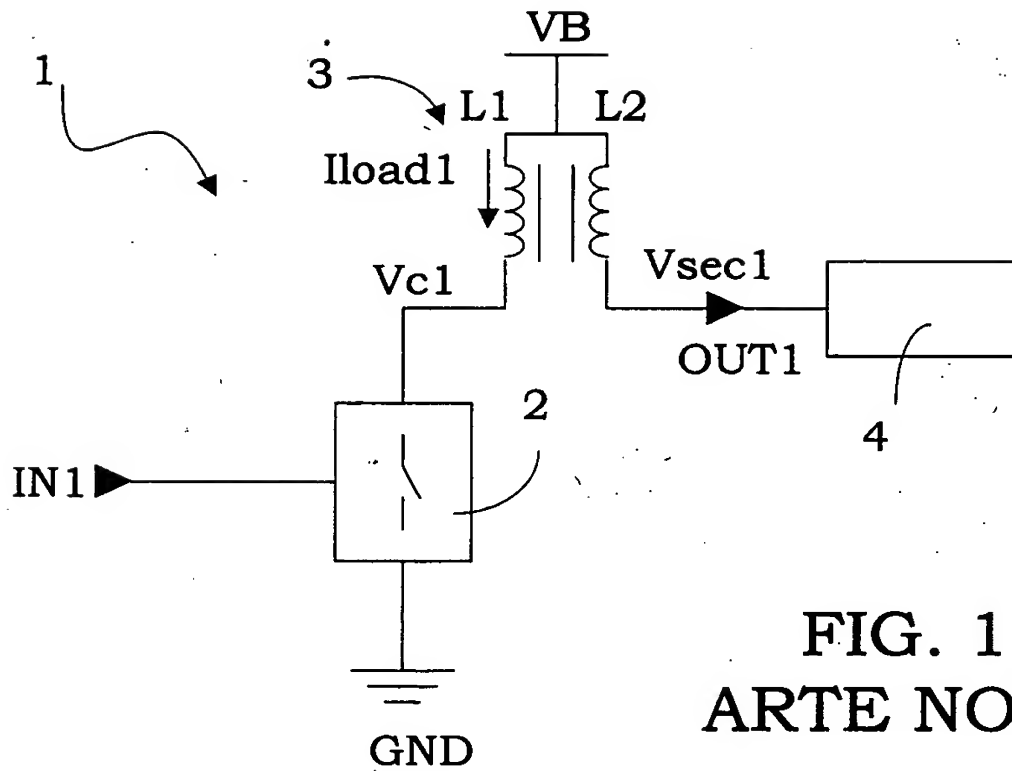
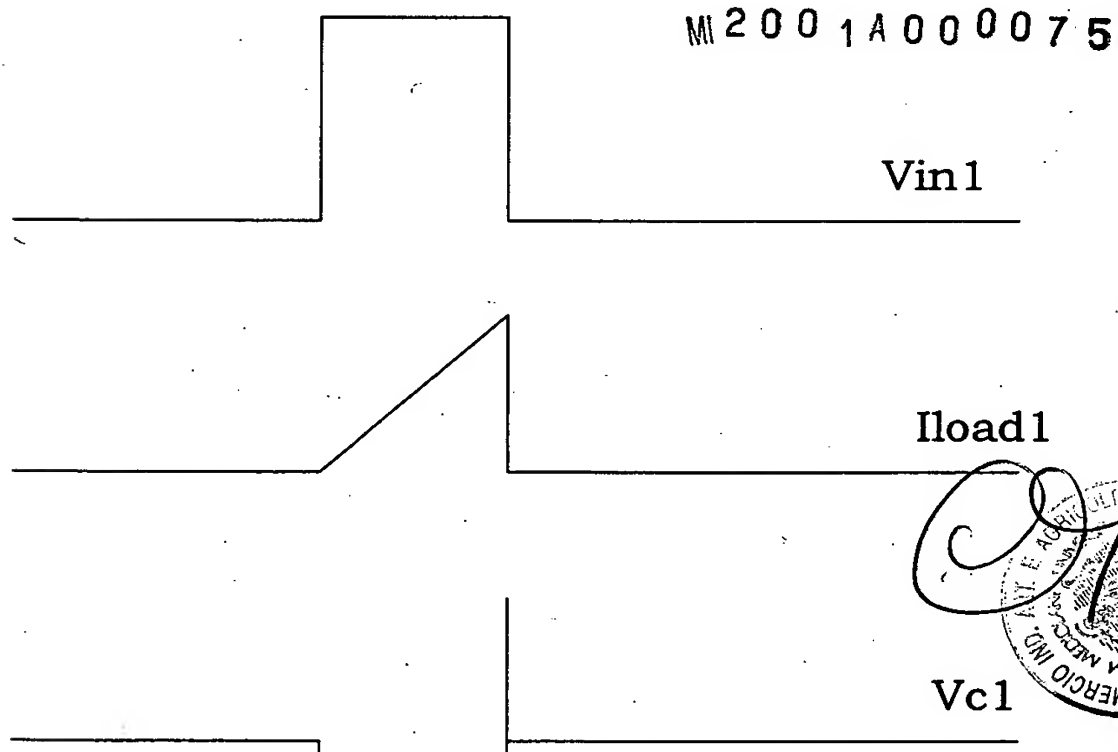


FIG. 1
ARTE NOTA



Ing. Barbara FERRARI
M. Iscriz. ALBO 822 B

FIG. 2
ARTE NOTA

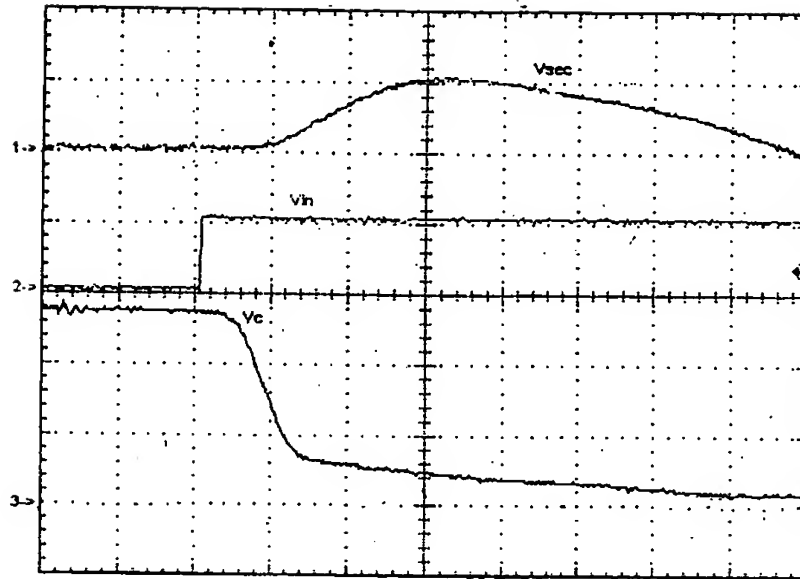
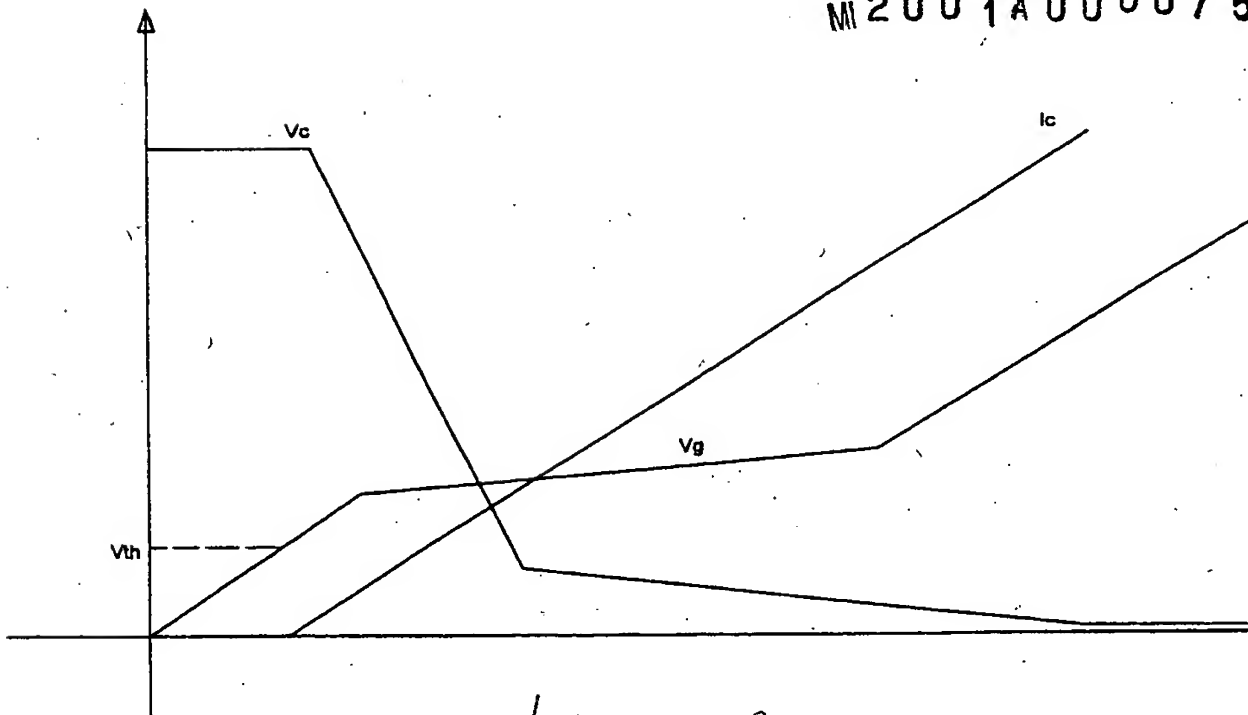


FIG. 3

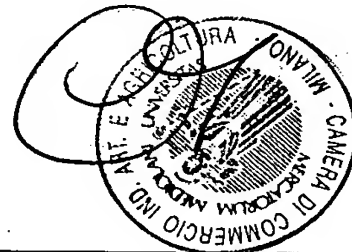
M 200 1 A 000075



Ing. Barbara FERRARI
N. Iscriz. ALBO 822/B

Barbara Ferrari

FIG. 4



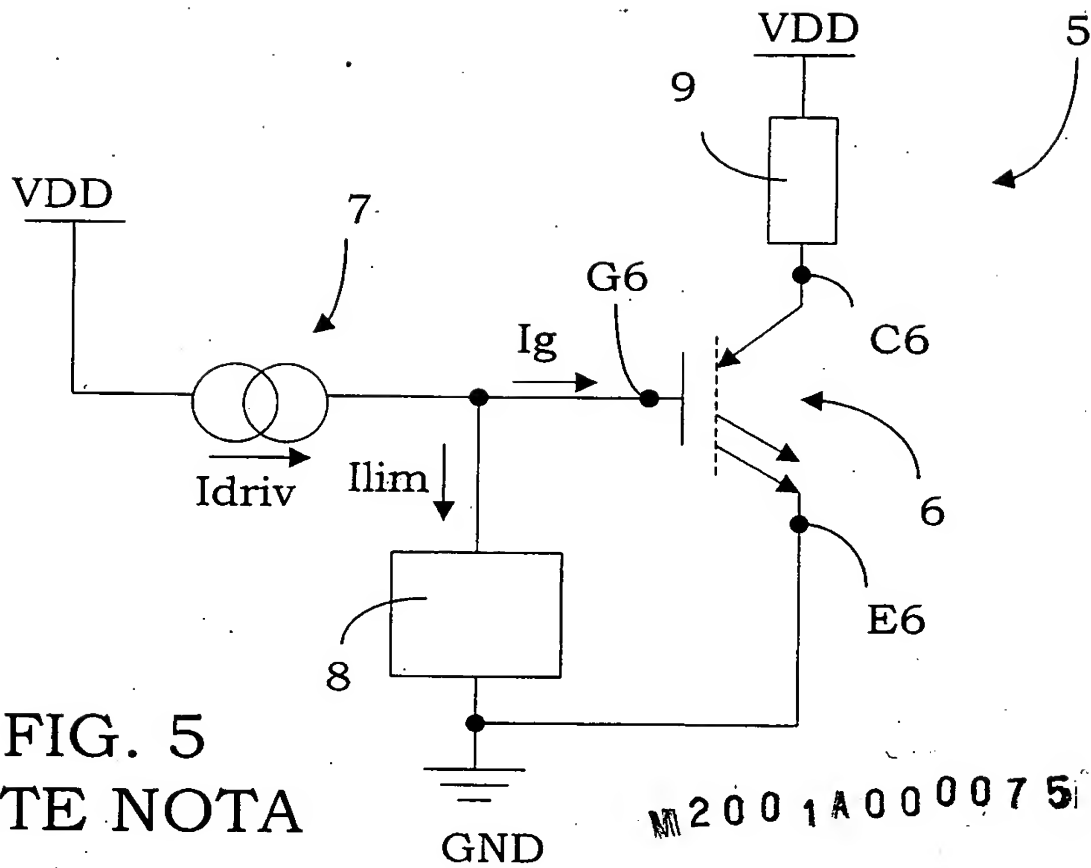


FIG. 5
ARTE NOTA

M 2001A000075

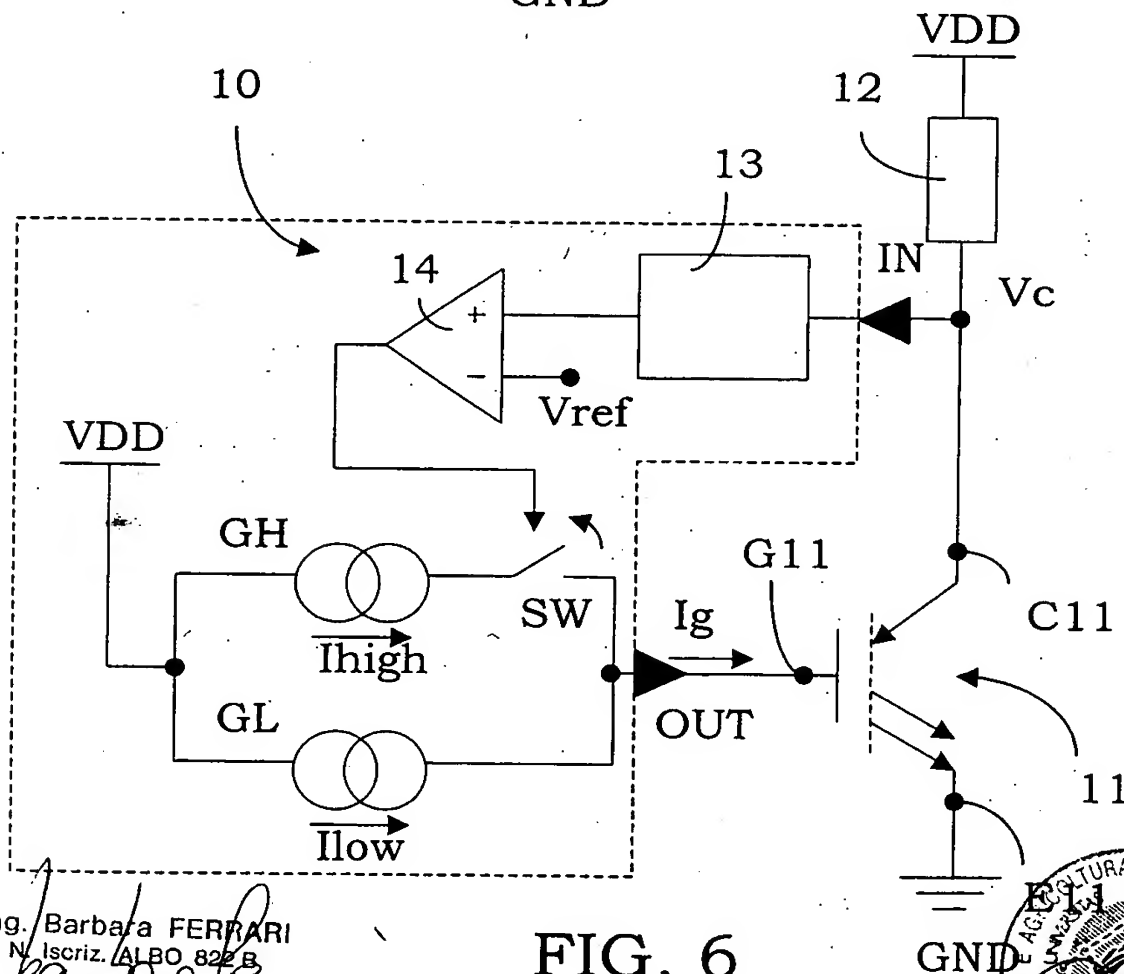
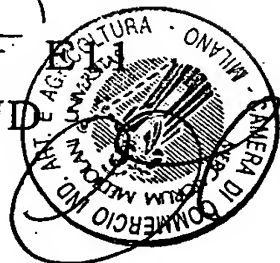


FIG. 6

Ing. Barbara FERRARI
N. Iscriz. ALBO 822 B

la due



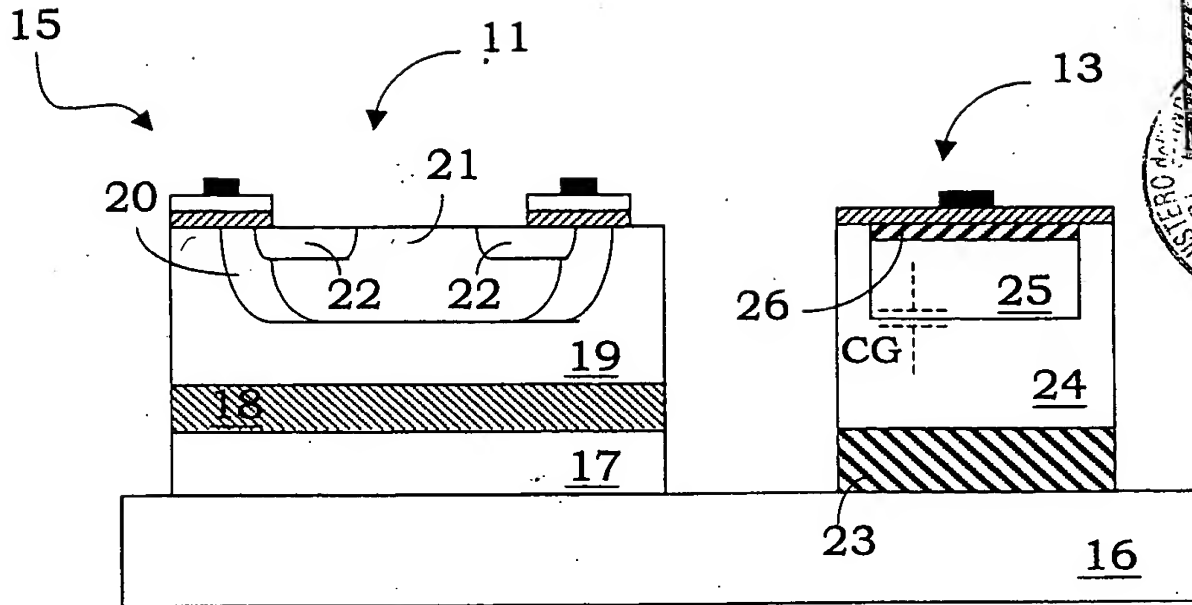


FIG. 7

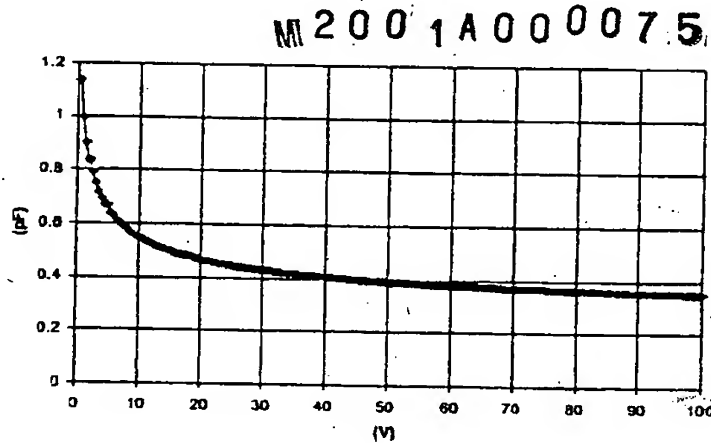


FIG. 8

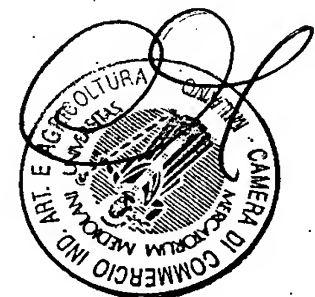
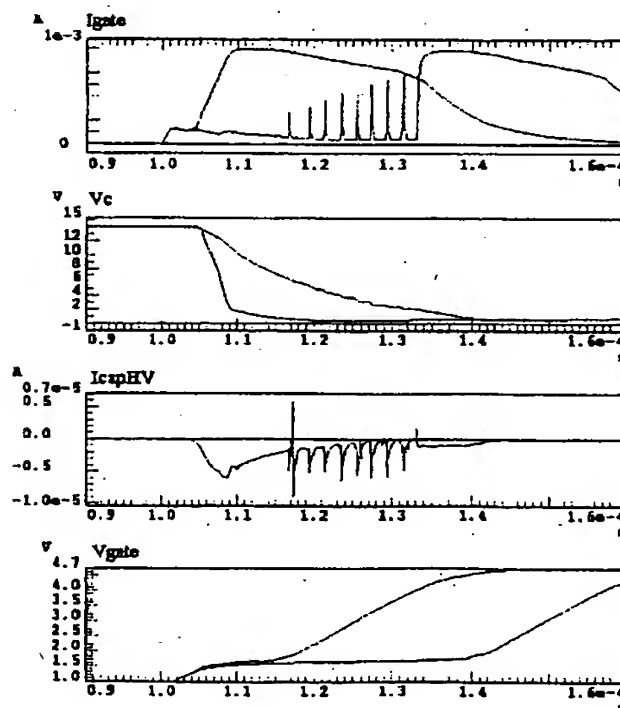
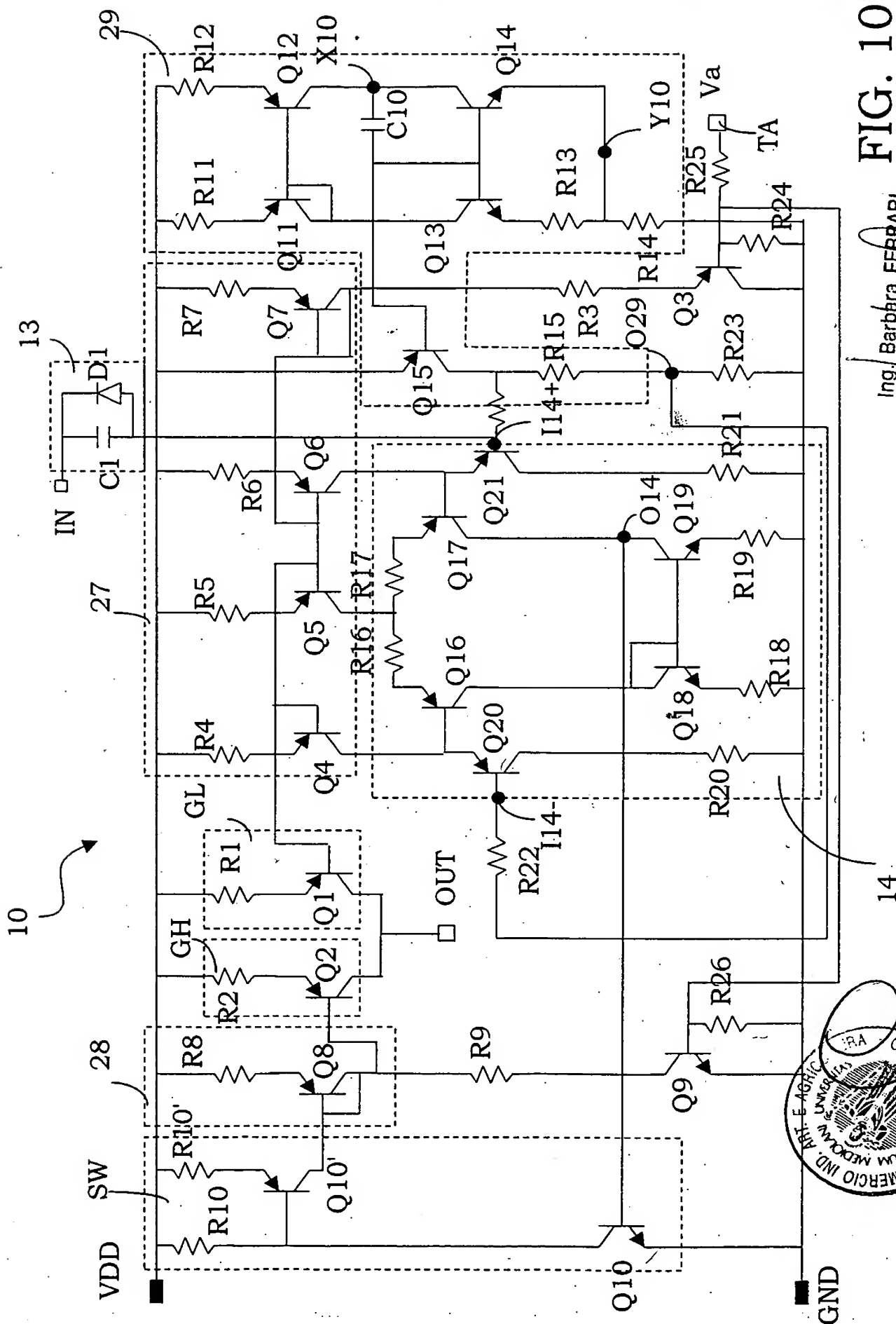
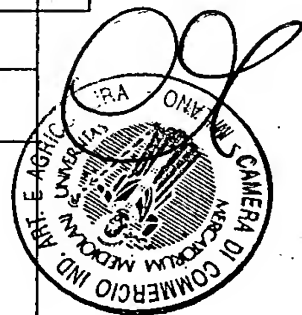


FIG. 9

Ing. Barbara FERRARI
N. Iscriz. ALBO 822 B
Barbara Ferrari



Ing. Barbara FERRARI
N. Iscriz. ALBO 822 B



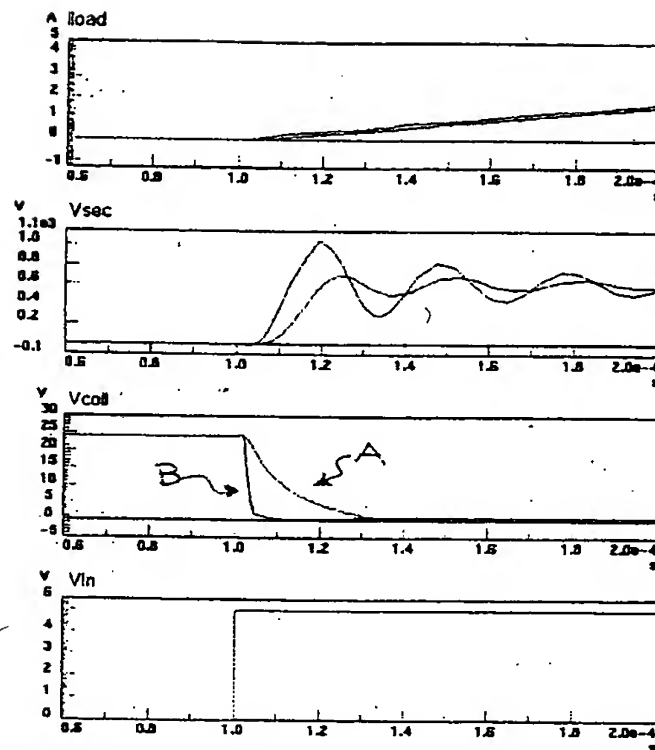


FIG. 11

Ing. Barbara FERRARI
N. Iscriz. ALBO 822 B

M2001A000075

